Physikalische Veränderungen des Fleisches beim Kochen.

Wassergehalts-, Dimensions- und Zähigkeits-Bestimmungen.

Inaugural-Dissertation
verfasst und der
hohen medizinischen Facultät
der
K. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der Doktorwürde
vorgelegt von

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Ludwig Rumpf
aus
Eichstätt.

Würzburg.
Anton Boegler'sche Buchdruckerei
1903.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Fakultät der Universität Würzburg.

REFERENT:
HERR PROFESSOR DR. K. B. LEHMANN.

Seinen lieben Eltern
gewidmet

vom Verfasser.

Unter der Leitung des Herrn Professors Dr. K. B. Lehmann sind im hygienischen Institut zu Würzburg seit mehreren Jahren vergleichende Untersuchungen über die Zähigkeit von Nahrungsmitteln, insbesonders von Fleisch bei verschiedener Behandlungsweise im Gang. Hiebei haben sowohl die mikroskopischen und chemischen, als auch die experimentellen Untersuchungen viel Interessantes ergeben, doch mit der Vertiefung der Studien mehrten sich die Schwierigkeiten und mit neuen Ergebnissen reifte zugleich Stoff zu neuen Untersuchungen. Die wichtigsten Aufgaben dieser Studien sind indes gelöst, aber noch manche Ergänzung ist zum Abschluss des ganzen Werkes wünschenswert. Diesem Anlass entsprechend gab mir Herr Professor Dr. Lehmann die willkommene Anregung zu weiteren Untersuchungen, welche ich mit Freuden über das mir geschenkte Vertrauen begann.

Meine Studien sollen die physikalischen Veränderungen des Fleisches beim Kochen genauer behandeln. Um bei meinen Erklärungen in den beiden ersten Abschnitten nicht vorgreifen zu müssen, bringe ich, abweichend von dem Gang meiner Untersuchungen, an erster Stelle Wassergehaltsbestimmungen von zwei verschiedenen Muskeln zur Besprechung, um hierauf Studien

über Dimensionsveränderungen beim Kochen dieser Fleischsorten anzuschliessen und in einem dritten Abschnitt die Ergebnisse von Zähigkeitsbestimmungen zusammenzustellen. Zu allen Untersuchungen wurden die Lenden- und Haut-Muskeln von frischgeschlachteten Rindern benützt.

I. Wassergehaltsbestimmungen des Lenden- und Hautmuskels im rohen und im gekochten Zustand.

1. Gang der Untersuchungen.

Bei Berücksichtigung der Tatsache, dass sich verschiedene Muskeln ein und desselben Tieres sowohl durch verschiedenen Hämoglobingehalt, als auch durch ungleich grossen Gehalt an Bindegewebe von einander unterscheiden, mag es interessant erscheinen, ob sich in den Muskeln auch ein Unterschied in der Grösse des Wassergehaltes nachweisen lässt und ob beim Kochen eine auffällige Aenderung in ihrem Wasserverlust eintritt. Zur Beantwortung dieser Fragen wurden mehrere Untersuchungen angestellt und die numerischen Ergebnisse in den Tabellen I—V niedergelegt. Die Mittelwerte dieser Wassergehaltsbestimmungen sind in Tabelle VI in Prozent berechnet. Ausserdem enthalten die Tabellen III, IV und V Angaben über die Gewichtsveränderungen beim Kochen von Lenden- und Hautmuskeln und Bindegewebe[1]. Von den drei letztgenannten Untersuchungen sind die prozentualen Durchschnittswerte in Tabelle VII zusammengestellt.

[1] Das zur Untersuchung verwendete Bindegewebe stammt von den oberflächlichen Fascien des Hautmuskels.

Für die Untersuchungen auf Wassergehalt wurde folgender Weg eingeschlagen. Von Haut- und Lenden-Muskeln wurden sowohl rohe als auch gekochte Fleischmengen von je 10, 20 bezw. 50 g auf 0,1 genau abgewogen, hierauf möglichst klein zerschnitten und in Schalen im Trockenkasten einer Hitze von 80^0 ausgesetzt. Nach 24 Stunden wurde der Rückstand gewogen und nach weiterem, 24 Stunden langem Verweilen im Trockenkasten nochmals kontrolliert, wobei die neue Gewichtsverminderung höchstens einige Centigramm betrug.

Um zur Gewichtsbestimmung die gekochten Fleischmassen vom adhärierenden Wasser möglichst zu befreien, liess ich die Proben bei den Untersuchungen für Tabelle I und III gut ablaufen, für Tabelle II nach Ablaufen des Wassers ½ Stunde an der Luft trocknen, und in den beiden letzten Versuchsreihen (Tabelle IV und V) trocknete ich sie sogleich durch Abtupfen mit Filtrierpapier. Ich will nicht verschweigen, dass keines von den drei Verfahren mich vollständig befriedigen konnte, da kleine Fehlerquellen bei allen drei Methoden vorhanden sind. Diese Fehlerquellen vollständig zu vermeiden, ist jedoch nicht möglich. Da ferner die Fehlergrösse bei den einzelnen Proben des gekochten Fleisches schwerlich ein Gramm überschreitet, und annähernd konstant bleibt[1]), so dass die Verhältniszahlen kaum beeinflusst werden, so hielt ich es nicht für nötig, eine nachträgliche Korrektur der gefundenen Werte vorzunehmen.

---

[1]) Aus den locker verbundenen Muskelfasern des Lendens sickert allmählich noch Wasser heraus und es lässt sich infolge dessen durch wiederholtes Abtrocknen mehr entfernen, als bei dem straffen Hautmuskel; deshalb bleibt es dem subjektiven Urteil des Untersuchers überlassen, wann die Oberflächen beider Fleischproben annähernd gleichmässig stark abgetrocknet sind.

Tabelle I. **Wassergehaltsbestimmungen**
für rohes und gekochtes Fleisch. Rind I.

a. Lende:

Anfangs-Gewicht roh, bezw. gekocht je 10,0 g		roh	gekocht 15 Min.	gekocht 30 Min.	gekocht 1 Std.	gekocht 2 Stdn.
Trocken-substanz	1. Probe	2,4	3,0	3,7	4,0	3,8
	2. Probe	2,2	3,0	3,8	4,0	3,9
	Mittelwert in g	2,3	3,0	3,75	4,0	3,85
Wasserverlust in g		7,7	7,0	6,25	6,0	6,15
Wasserverlust in %		77	70	62,5	60	61,5

b. Hautmuskel:

Anfangs-Gewicht roh, bezw. gekocht je 10,0 g		roh	gekocht 15 Min.	gekocht 30 Min.	gekocht 1 Std.	gekocht 2 Stdn.
Trocken-substanz	1. Probe	2,7	3,3	3,4	3,6	3,6
	2. Probe	2,7	3,2	3,4	3,7	3,7
	Mittelwert in g	2,7	3,25	3,4	3,65	3,65
Wasserverlust in g		7,3	6,75	6,6	6,35	6,35
Wasserverlust in %		73	67,5	66	63,5	63,5

c. Wassergehalts-Unterschied:

	roh	gekocht 15 Min.	gekocht 30 Min.	gekocht 1 Std.	gekocht 2 Stdn.
Gehalt der Lende	+4 %	+2,5 %	−3,5 %	−3,5 %	−2 %

Tabelle II. **Wassergehaltsbestimmungen**
für rohes und gekochtes Fleisch. Rind II.

a. Lende:

Anfangs-Gewicht roh, bezw. gekocht je 50,0 g	roh	gekocht 15 Min.	gekocht 30 Min.	gekocht 1 Std.	gekocht 2 Stdn.
Trockensubstanz in g	12,2	16,8	18,3	18,5	19,7
Wasserverlust in g	37,8	33,2	31,7	31,5	30,3
Wasserverlust in %	75,6	66,4	63,4	63,0	60,6

b. Hautmuskel:

Anfangs-Gewicht roh, bezw. gekocht je 50,0 g	roh	gekocht 15 Min.	gekocht 30 Min.	gekocht 1 Std.	gekocht 2 Stdn.
Trockensubstanz in g	13,1	13,9	15,6	18,3	17,7
Wasserverlust in g	36,9	36,1	34,4	31,7	32,3
Wasserverlust in %	73,8	72,2	68,8	63,4	64,6

c. Wassergehalts-Unterschied:

	roh	gekocht 15 Min.	gekocht 30 Min.	gekocht 1 Std.	gekocht 2 Stdn.
Gehalt der Lende	+1,8 %	−5,8 %	−5,4 %	−0,4 %	−4,0 %

Tabelle III. **1. Wassergehaltsbestimmungen** Rind II.
für rohes und gekochtes Fleisch und rohes Bindegewebe[1]).

a. Lende:

Anfangs-Gewicht roh, bezw. gekocht je 20,0 g	roh	gekocht 15 Min.	30 Min.	1. Std.	2 Stdn.
Trockensubstanz in g	4,7	6,7	6,8	7,8	7,7
Wasserverlust in g	15,3	13,3	13,2	12,2	12,3
Wasserverlust in %	76,5	66,5	66,0	61,0	61,5
b. Hautmuskel:					
Trockensubstanz in g	5,1	5,5	6,1	6,2	7,2
Wasserverlust in g	14,9	14,5	13,9	13,8	12,8
Wasserverlust in %	74,5	72,5	69,5	69,0	64,0
c. Wassergehalts-Unterschied:					
Gehalt der Lende	+2,0 %	—6,0 %	—3,5 %	—8,0 %	—2,5 %

d. Rohes Bindegewebe:

Trockensubstanz 6,4 g. | Wasserverlust in g 13,6; | in % 68,0.

2. Gewichtsbestimmungen Rind II.
für Lende, Hautmuskel und Bindegewebe beim Kochen.

a. Lende:

Anfangs-Gewicht in rohem Zustand 20,0 g	roh	gekocht 15 Min.	30 Min.	1 Std.	2 Stdn.
Gewichtsabnahme in g	20,0	10,9	10,3	10,2	9,8
Gewichtsabnahme in %	100,0	54,5	51,5	51,0	49,0
Gewichtsverlust in %	—	— 45,5	— 48,5	— 49,0	— 51,0
b. Hautmuskel:					
Gewichtsabnahme in g	20,0	13,2	12,4	12,4	12,0
Gewichtsabnahme in %	100,0	66,0	62,0	62,0	60,0
Gewichtsverlust in %	—	— 34,0	— 38,0	— 38,0	— 40,0
c. Bindegewebe:					
Gewichtszunahme in g	20,0	27,3	27,2	27,7	26,1
Gewichtszunahme in %	100,0	136,5	136,0	138,5	130,5
Gewichtsvermehrung in %	—	+ 36,5	+ 36,0	+ 38,5	+ 30,5

[1]) Kontrollversuch für Tabelle II.

Tabelle IV.

1. Wassergehaltsbestimmungen

für rohes und gekochtes Fleisch. Rind III.

Anfangs-Gewicht roh, bezw. gekocht je 50,0 g	roh	gekocht 15 Min.	gekocht 30 Min.	gekocht 1½ Stdn.
a. Lende:				
Trockensubstanz in g	11,4	14,6	17,2	17,1
Wasserverlust in g	38,6	35,4	32,8	32,9
Wasserverlust in %	77,2	70,8	65,6	65,8
b. Hautmuskel:				
Trockensubstanz in g	12,7	15,9	15,4	16,3
Wasserverlust in g	37,3	34,1	34,6	33,7
Wasserverlust in %	74,6	68,2	69,2	67,4
c. Wassergehalts-Unterschied:				
Gehalt der Lende	+ 2,6 %	+ 2,6 %	— 3,6 %	— 1,6 %

2. Gewichtsbestimmungen

für Lende, Hautmuskel und Bindegewebe beim Kochen.

Rind III.

Anfangs-Gewicht in rohem Zustand 50,0 g	roh	gekocht 15 Min.	gekocht 30 Min.	gekocht 1½ Stdn.
a. Lende:				
Gewichtsabnahme in g	50,0	36,0	32,7	31,0
Gewichtsabnahme in %	100	72,0	65,4	62,0
Gewichtsverlust in %	—	— 28,0	— 34,6	— 38,0
b. Hautmuskel:				
Gewichtsabnahme in g	50,0	35,3	32,5	30,6
Gewichtsabnahme in %	100	70,6	65,0	61,2
Gewichtsverlust in %	—	— 29,4	— 35,0	— 38,8
c. Bindegewebe:				
Gewichtszunahme in g	50,0	53,0	54,8	54,0
Gewichtszunahme in %	100	106,0	109,6	108,0
Gewichtsvermehrung in %	—	+ 6,0	+ 9,6	+ 8,0

Tabelle V.

1. Wassergehaltsbestimmungen

für rohes und gekochtes Fleisch. Rind IV.

Anfangs-Gewicht roh, bezw. gekocht je 10,0 g	roh	gekocht 15 Min.	gekocht 30 Min.	gekocht $1^1/_2$ Stdn.
a. Lende:				
Trockensubstanz in g	2,3	3,0	3,1	3,4
Wasserverlust in g	7,7	7,0	6,9	6,6
Wasserverlust in %	77	70	69	66
b. Hautmuskel:				
Trockensubstanz in g	2,5	2,6	2,7	3,0
Wasserverlust in g	7,5	7,4	7,3	7,0
Wasserverlust in %	75	74	73	70
c. Wassergehalts-Unterschied:				
Gehalt der Lende	+ 2 %	— 4 %	— 4 %	— 4 %

2. Gewichtsbestimmungen

für Lende, Hautmuskel und Bindegewebe beim Kochen.

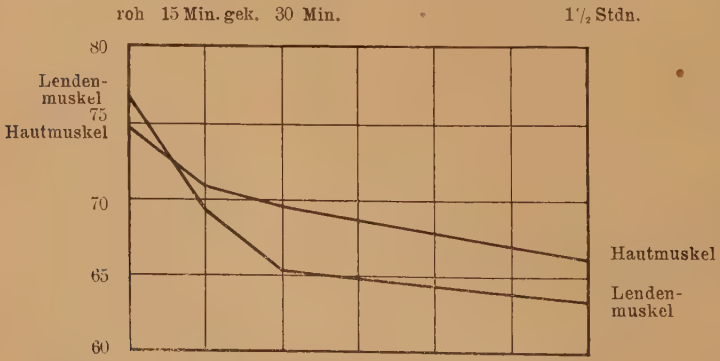
Rind IV.

Anfangs-Gewicht in rohem Zustand 50,0 g	roh	gekocht 15 Min.	gekocht 30 Min.	gekocht $1^1/_2$ Stdn.
a. Lende:				
Gewichtsabnahme in g	50,0	32,4	30,0	29,2
Gewichtsabnahme in %	100	64,8	60,0	58,4
Gewichtsverlust in %	—	— 35,2	— 40,0	— 41,6
b. Hautmuskel:				
Gewichtsabnahme in g	50,0	39,6	36,6	35,2
Gewichtsabnahme in %	100	79,2	73,2	70,4
Gewichtsverlust in %	—	— 20,8	— 26,8	— 29,6
c. Bindegewebe:				
Gewichtszunahme in g	50,0	57,2	58,1	55,4
Gewichtszunahme in %	100	114,4	116,2	110,8
Gewichtsvermehrung in %	—	+ 14,4	+ 16,2	+ 10,8

Tabelle VI.
Bestimmung der prozentualen Mittelwerte des Wassergehaltes aus den Tabellen I, II, III, IV und V.

Anfangs-Gewicht roh, bezw. gekocht je 100 g			roh	gekocht 15 Min.	gekocht 30 Min.	gekocht $1^1/_2$ Stdn.
a. Lende:						
Rind I	2 × 10 g	Tabelle I	77,0	70,0	62,5	60,8
„ II	50 g	„ II	75,6	66,4	63,4	61,8
„ II	20 g	„ III	76,5	66,5	66,0	61,3
„ III	50 g	„ IV	77,2	70,8	65,6	65,8
„ IV	10 g	„ V	77,0	70,0	69,0	66,0
Wassergehalt	Gesamtbetrag		383,3	343,7	326,7	315,7
Wassergehalt	Mittelwert		76,7	68,7	65,3	63,1
b. Hautmuskel:						
Rind I	2 × 10 g	Tabelle I	73,0	67,5	66,0	63,5
„ II	50 g	„ II	73,8	72,2	68,8	64,0
„ II	20 g	„ III	74,5	72,5	69,5	66,5
„ III	50 g	„ IV	74,6	68,2	69,2	67,4
„ IV	10 g	„ V	75,0	74,0	73,0	70,0
Wassergehalt	Gesamtbetrag		370,9	354,4	346,5	331,4
Wassergehalt	Mittelwert		74,9	70,9	69,3	66,3
c. Wassergehalts-Unterschied:						
Gehalt der Lende			+ 2,5 %	— 2,2 %	— 4,0 %	— 3,2 %

Tabelle VId. **Kurven für Wassergehalt.**



Anfangsgewicht der Fleischproben im rohen bezw. gekochten Zustand = je 100 g gesetzt.

Tabelle VII.

Bestimmung der prozentualen Mittelwerte der Gewichtsveränderung beim Kochen aus den Tabellen III, IV und V.

a. Lende:

Anfangs-Gewicht in rohem Zustand je 100 g			gekocht 15 Min.	30 Min.	$1^1/_2$ Stdn.
Rind II	20 g	Tabelle III	54,5	51,5	50,0
„ III	50 g	„ IV	72,0	65,4	62,0
„ IV	50 g	„ V	64,8	60,0	58,4
Gesamtgewicht			191,3	176,9	170,4
Mittelwert in %			63,8	59,0	56,8
Gewichtsverlust in %			— 36,2	— 41,0	— 43,2

b. Hautmuskel:

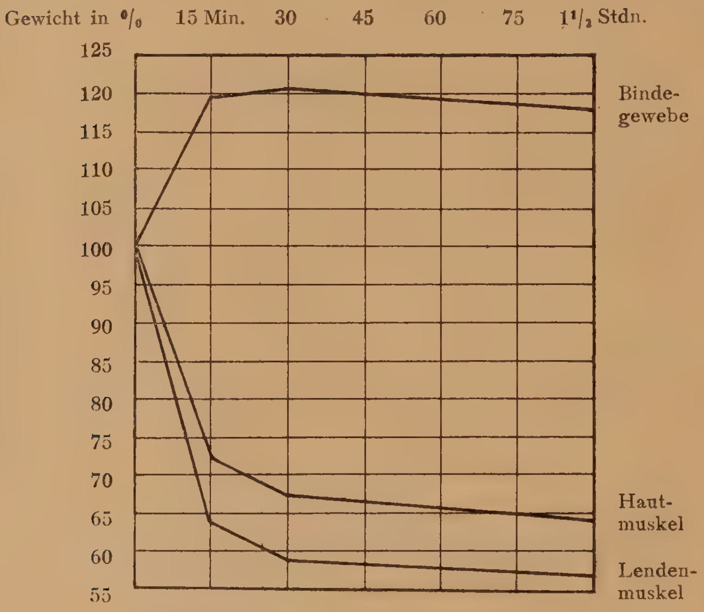
Rind II	20 g	Tabelle III	66,0	62,0	61,0
„ III	50 g	„ IV	70,6	65,0	61,2
„ IV	50 g	„ V	79,2	73,2	70,4
Gesamtgewicht			215,8	200,2	192,6
Mittelwert in %			71,9	66,7	64,2
Gewichtsverlust in %			— 28,1	— 33,3	— 35,8

c. Bindegewebe:

Rind II	20 g	Tabelle III	136,5	136,0	134,5
„ III	50 g	„ IV	106,0	109,6	108,0
„ IV	50 g	„ V	114,4	116,2	110,8
Gesamtgewicht			356,9	361,8	353,3
Mittelwert in %			119,0	120,6	117,8
Gewichtsvermehrung in %			+ 19,0	+ 20,6	+ 17,8

Tabelle VII d.

Kurven für Gewichtsveränderung beim Kochen von Lende, Hautmuskel und Bindegewebe.



Anfangsgewicht im rohen Zustand = 100 gesetzt.

2. Die Wassergehaltsveränderungen beim Kochen.

Eine flüchtige Betrachtung der Wassergehaltstabellen und der hiernach angefertigten Kurve (VI d) könnte uns auf den Gedanken bringen, dass die Flüssigkeitsmenge des gekochten Fleisches gegenüber der des rohen nur unbedeutend geringer sei, anscheinend nur um wenige Prozent. Doch dürfen wir hiebei nicht ausser Acht lassen, dass bei den Untersuchungen des gekochten Fleisches nicht etwa die Proben im rohen Zustand ab-

gewogen und hierauf gekocht wurden, sondern dass die zur Untersuchung bestimmten Gewichtsmengen erst nach dem Kochen eines grösseren Fleischstückes von diesem abgewogen wurden. Das Fleisch verliert aber beim Kochen ungefähr die Hälfte seines Gewichtes, wie wir uns durch einen Blick auf die Tabellen und die Kurve für Gewichtsveränderung überzeugen können. Dem gemäss entsprechen die Wassergehaltsbefunde für gekochtes Fleisch annähernd der doppelten Untersuchungsmenge im rohen Zustand. Runden wir die in Tabelle VI zusammengestellten Mittelwerte für Wassergehalt auf Gramm ab, so erhalten wir für rohes Fleisch 76% Wassergehalt, und somit 24% Trockensubstanz, während wir bei dem 1½ Stunden gekochten Fleische noch 65% Wasser und 35% Trockensubstanz vorfinden.

Meine Ergebnisse der Wassergehaltsuntersuchungen zeigen alle übereinstimmend, dass zwischen rohem Lenden- und Hautmuskel ein Unterschied in der Wassergehaltsmenge besteht, der sich beim Kochen in einer auffälligen, bestimmten Weise ändert. So beträgt nach dem Durchschnittswert der fünf Untersuchungen der Mehrgehalt des Lendenmuskels an Wasser im rohen Zustand 2,5%; dem gegenüber ist nach dem Kochen das Filet um 3,2% ärmer an Wasser als der Hautmuskel. Diese konstante Verschiedenheit der beiden Muskeln im rohen Zustand und die ungleichmässige Veränderung des Wassergehalts beim Kochen, die am klarsten durch den Kurvenverlauf der Tabelle VI hervortritt, mag im ersten Augenblick überraschen, doch können wir es bei Berücksichtigung des verschiedenen Bindegewebsgehaltes nicht anders erwarten. Rohes Bindegewebe hat (nach Tabelle II e) einen Wassergehalt von 68%; demgemäss ist reines Bindegewebe entschieden ärmer an Wasser als das Muskelgewebe, im gegebenen Fall um etwa 7% ärmer als der Hautmuskel,

und um 9% als der Lendenmuskel. Durch Kochen erleidet jedoch das Bindegewebe keinen Wasserverlust, sondern es nimmt (nach Tabelle VII) sogar um etwa 20% an Gewicht zu, d. h. es saugt bedeutende Wassermengen auf. Hiedurch erklären sich die obigen Befunde. Da nämlich der Hautmuskel mehr Bindegewebe enthält als die Lende, das rohe Bindegewebe aber ärmer an Wasser ist als Muskelsubstanz, so ist der Wassergehalt des rohen Hautmuskels geringer. Dagegen kann durch Kochen das reichlicher vorhandene Bindegewebe des Hautmuskels grössere Wassermengen aufnehmen im Vergleich zu dem spärlichen Bindegewebe des Lendenmuskels, während die Muskelsubstanz in beiden Fleischarten wohl annähernd gleich viel Wasser verliert. Folglich muss der Wassergehalt des gekochten Hautmuskels grösser sein, als der des Lendenmuskels. Auf diese Weise lassen sich die anfangs auffälligen Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen ungezwungen vollkommen erklären.

Was im Vorausgehenden für Lenden- und Hautmuskel des Rindes gefunden und eingehend besprochen wurde, hat wohl allgemeine Giltigkeit für jedes Fleisch, da sich die Muskeln des gleichen Tieres und die verschiedener Tiere, abgesehen von der Grösse des Bindegewebsgehaltes, soweit wir heute sehen, weder chemisch, noch physiologisch wesentlich von einander unterscheiden. Somit glaube ich folgende Regeln aufstellen zu dürfen: Bei rohen Muskeln stehen der Wassergehalt und die Bindegewebsmenge im umgekehrten Verhältnis, für gekochte Fleischarten werden die Verhältniszahlen direkt proportional; oder mit anderen Worten: Je reicher an Bindegewebe ein roher Muskel ist, um so geringer ist sein Wassergehalt, beim Kochen jedoch bleibt der Wassergehalt um so grösser, je mehr Bindegewebe der

Muskel enthält[1]). Daraus erklärt sich die praktisch wichtige Tatsache, dass bindegewebsreiches Fleisch auch nach längerem Kochen noch saftig ist.

3. Die Gewichtsveränderungen beim Kochen.

Im Anschluss an die Ergebnisse der Bestimmungen des absoluten Wassergehaltes des rohen und des gekochten Fleisches ist noch die Gewichtsabnahme zu besprechen, welche beim wiederholten Wiegen derselben Fleischproben nach verschieden langer Kochzeit gefunden wurde. Dieser Gewichtsverlust des Fleisches beim Kochen ist dem hiebei eintretenden Wasserverlust ungefähr gleich. Aus den Tabellen III, IV und V geht hervor, dass sowohl beim Fleisch, als auch bei reinem Bindegewebe nach 15 Minuten langem Kochen die grössten Gewichtsveränderungen erfolgt sind. Dabei nahm der Lendenmuskel entsprechend dem geringeren Gehalt an Bindegewebe stärker an Gewicht ab als der Hautmuskel. Nach längerem (1½ stündigen) Kochen beträgt nach der Uebersichtstabelle VII der Gewichtsverlust für den Lendenmuskel 43 %, für den Hautmuskel 36 %. Das Bindegewebe dagegen weist eine Gewichtserhöhung um 20 %, das ist ⅕ seines Anfangsgewichtes im rohen Zustand auf. Zur Veranschaulichung dieser Gewichtsveränderungen diene der Kurvenverlauf der Tabelle VII. Bei demselben ist bemerkenswert, dass nach ½ stündigem Kochen ein gleich starker Gewichtsverlust für Bindegewebe und Lenden- und Hautmuskel eintritt, der im Laufe einer Stunde etwas über 2 % beträgt. Dass hier die gleiche Kochwirkung eine gemein-

[1]) Im Einklang hiemit stehen die von HAMMERSTEN erwähnten Beobachtungen: »Die Mengen des Wassers in den Muskeln unterliegen bedeutenden Schwankungen. Einen besonderen Einfluss übt der Fettgehalt und zwar derart, dass das Fleisch im Allgemeinen in dem Masse ärmer an Wasser ist, als es reicher an Fett ist.“

same Ursache hat, ist naheliegend. Es ist möglich, dass diese Erscheinung die Folge eines andauernden, geringen Wasserverlustes ist, doch halte ich für wahrscheinlicher, dass hauptsächlich das Austreten von Extraktivstoffen, besonders von Salzen, Fett und Leim für die Ursache dieses auffällig gleichmässigen Kurvenverlaufes anzusehen ist. Legen wir uns die Frage vor, warum tritt beim Kochen von Fleisch Wasser aus dem Gewebe aus, wodurch wieder die Gewichtsabnahme bedingt ist, so führt uns diese Betrachtung zu Studien über Volumen- und Dimensionsveränderungen des Fleisches beim Kochen.

II. Volumen- und Dimensionsbestimmungen des Lenden- und Hautmuskels im rohen und im gekochten Zustand.

1. Allgemeine Bemerkungen.

Bei den Untersuchungen auf Dimensionsveränderungen des Fleisches durch Kochen ergaben sich allmählich derartige Abweichungen von den anfangs gefundenen Werten für die einzelnen Dimensionen des gleichen Muskels, dass es schien, als könnten hier überhaupt keine einheitlichen allgemein giltigen Verhältniszahlen aufgestellt werden. Erst bei Berücksichtigung des verschiedenen Alters des Fleisches seit Schlachtung der Rinder klärten sich die Widersprüche in den Befunden. Es ist daher nötig, bei den Dimensionsbestimmungen streng zwischen lebensfrischem Fleisch und dem bereits abgelagerten, d. h. solchem Fleisch, das die Totenstarre schon erlitten hat, zu unterscheiden.

Zur allgemeinen Orientierung will ich vorausschicken, dass für frisches, als auch für abgelagertes Fleisch die auffälligsten Dimensionsveränderungen durch Kochen im Verlauf der ersten Minuten eintreten und

dass nach $^1/_4$ stündigem Kochen keine nennenswerten Formveränderungen mehr erfolgen. Da diese Formveränderungen bei dem abgelagerten Fleisch einfacher und übersichtlicher sind, will ich diese an erster Stelle besprechen. Hiezu bietet die Tabelle VIII die numerischen Untersuchungsresultate. Um nicht nur einen Ueberblick über die durch die Kochwirkung resultierenden Formveränderungen des Fleisches zu erhalten, sondern auch die Veränderungen des Fleisches während des Kochens studieren zu können, wurden die Ergebnisse bei verschieden langen Kochzeiten zusammen gestellt. Das Volumen der Fleischstücke wurde bei den Untersuchungen der Tabelle VIII direkt durch Wägung der aufgehängten Fleischstücke in Wasser festgestellt. Versuche, durch vorher ausgeführte Streckung mittelst angehängter Gewichte die Dimensionsveränderungen beim Kochen zu beeinflussen, ergaben negative Resultate.

2. Das abgelagerte Fleisch.

Das einen oder mehrere Tage alte Fleisch zeigt beim Kochen eine ungefähr gleichmässige Schrumpfung in allen Dimensionen. Dabei verkürzt es sich innerhalb einer Stunde durchschnittlich um $^1/_5$ der ursprünglichen Ausdehnungen. Demgemäss verliert es ungefähr die Hälfte seines Volumens. Diese Veränderungen in den einzelnen Dimensionen sind besser am bindegewebsarmen Muskel zu beobachten; denn bei dem am Bindegewebe reichen Muskel wird die Umgestaltung durch einen neuen Faktor, den grösseren Gehalt an Stützsubstanz wesentlich komplizierter und weniger regelmässig. Das Bindegewebe wirkt hier teils hemmend, teils fördernd auf die Schrumpfungsbestrebungen der Muskelfasern ein. Näheres zeigt Tabelle VIII.

Zur besseren Uebersicht über den Verlauf der Volumensveränderungen beim Kochen wurden die Er-

Tabelle VIII.

Volumen- und Dimensionsbestimmungen

beim Kochen des abgelagerten Rindfleisches.

a. Lende:			b. Hautmuskel:		
Masse in cm	1. Probe	2. Probe		1. Probe	2. Probe
roh					
Länge	4,0	1,2	Länge	4,0	2,9
Durchmesser	1,4	2,6	Breite	2,5	4,8
Umfang	4,6	10,0	Dicke	0,7	0,7
Volumen	7,0	7,4	Volumen	7,6	11,4
5 Min. gekocht					
Länge	3,2	1,0	Länge	2,5	2,2
Durchmesser	1,2	2,3	Breite	2,5	3,6
Umfang	4,4	8,5	Dicke	0,7	0,7
Volumen	5,1	5,5	Volumen	4,6	6,5
15 Min. gekocht					
Länge	3,1	1,0	Länge	2,4	2,1
Durchmesser	1,1	2,1	Breite	2,4	3,5
Umfang	4,0	8,0	Dicke	0,7	0,7
Volumen	3,7	4,5	Volumen	4,6	6,5
30 Min. gekocht					
Länge	3,0	1,0	Länge	2,3	2,1
Durchmesser	1,0	2,0	Breite	2,3	3,5
Umfang	3,8	7,7	Dicke	0,7	0,7
Volumen	3,5	4,0	Volumen	4,5	6,1
1 Std. gekocht					
Länge	3,0	1,0	Länge	2,3	2,0
Durchmesser	1,0	1,9	Breite	2,3	3,5
Umfang	3,8	7,5	Dicke	0,7	0,7
Volumen	3,3	4,0	Volumen	4,5	5,9

Tabelle VIIIb.

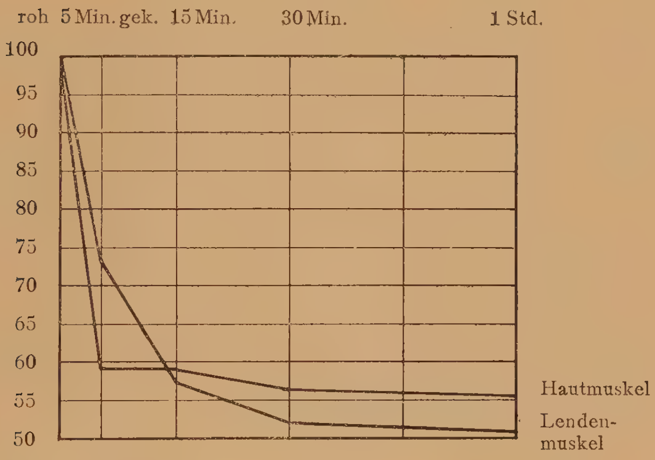
Bestimmung der prozentualen Mittelwerte des Volumens.

	roh	5 Min. gek.	15 Min. gek.	30 Min. gek.	1 Std. gek.
a. Lende:					
1. Probe	100	72,93	52,91	50,05	47,28
2. Probe	100	74,25	60,75	54,00	54,00
Mittelwert:	100	73,59	56,83	52,03	50,62
b. Hautmuskel:					
1. Probe	100	60,72	60,72	59,40	59,40
2. Probe	100	57,20	57,20	53,68	51,92
Mittelwert:	100	58,96	58,96	56,54	55,66

Tabelle VIII c.

Volumenkurven für Lenden- und Hautmuskel[1])

nach Tabelle VIII b.



gebnisse dieser Untersuchungen in Prozent umgerechnet und hiernach der Kurvenverlauf angefertigt (Vergl. Tabelle VIII b und c). An diesen Kurven fällt auf, dass der Hautmuskel schon nach 5 Minuten ungefähr seine maximale Schrumpfung erreicht hat, während der Lendenmuskel erst gegen Ende der ersten 15 Minuten die gleiche Volumenabnahme aufweist. Beim Filet ist ferner bei längerem Kochen noch eine langsame weitere Schrumpfung zu beobachten. Dass schliesslich der Hautmuskel bei längerem Kochen ein grösseres Volumen besitzt als der Lendenmuskel, kann uns nach den Ergebnissen der Wassergehaltsbestimmungen nicht mehr befremden. Wie

[1]) Sehen wir von den Kurvenveränderungen infolge der nach 5 Minuten vorgenommenen Untersuchungen ab, so zeigen, wie zu erwarten, diese „Volumenkurven eine auffällige Aehnlichkeit mit den in Tabelle VII d dargestellten Gewichtskurven,

dort ist auch hier die Wasseraufnahme durch das Bindegewebe als Ursache dieser Erscheinungen anzusehen[1]).

3. Das lebensfrische Fleisch.

Zum Studium der Veränderungen des lebensfrischen Fleisches wurden neue Untersuchungen und zwar zu drei verschiedenen Untersuchungszeiten angestellt. Wie aus Tabelle IX ersichtlich, erfolgte die erste Untersuchung 1 Stunde nach Schlachtung des Rindes. Das Fleisch war bei Beginn dieser Untersuchung noch lebenswarm und zeigte bei mechanischen Reizen die physiologische Erregbarkeit. Die zweiten Bestimmungen wurden nach weiteren 6 Stunden begonnen[2]). Endlich die dritte Untersuchung fand um 23 Stunden später als die vorausgehende statt. Eine Nachprüfung der für verschieden altes Fleisch gefundenen Resultate mit Kaninchenfleisch führte zu den gleichen Ergebnissen.

Beim Kochen des lebensfrischen Muskels dürfen wir erwarten, dass der dauernde Reiz eine tetanische Verkürzung zur Folge hat[3]). In Uebereinstimmung hiemit ergaben meine Untersuchungen des frischen Fleisches

---

[1]) Allerdings lässt sich dagegen einwenden, dass die Proben vom Lendenmuskel dicker waren, als die aus den platten Hautmuskeln erhaltenen Proben, und infolge dessen die Kochwirkung langsamer durch das ganze Gewebe hindurch zur Geltung kam, wodurch die langsamere Volumenabnahme zu erklären sei. Da jedoch die Durchmesser der Fleischproben an und für sich geringe Dimensionen besassen und ferner die Fleischfasern des Lendenmuskels nur locker miteinander verbunden sind, und infolge dessen Wasser leichter zwischen den Fleischfasern durchtreten kann, dürfte der Einwand kaum in die Wagschale fallen.

[2]) Bei Berührung des Fleisches fiel mir auf, dass es sich im Verhältnis zur Lufttemperatur aussergewöhnlich warm anfühlte. Liegt nicht Täuschung vor, so dürfte demnach die zweite Untersuchung in die Zeit der Erstarrung des Muskels fallen, und die Erwärmung wäre als postmortale Temperatursteigerung (Fick und andere) anzusehen.

[3]) Die maximale Verkürzung im Tetanus beträgt nach Ed. Weber je nach der Muskelgattung 65—85 % der Faserlänge.

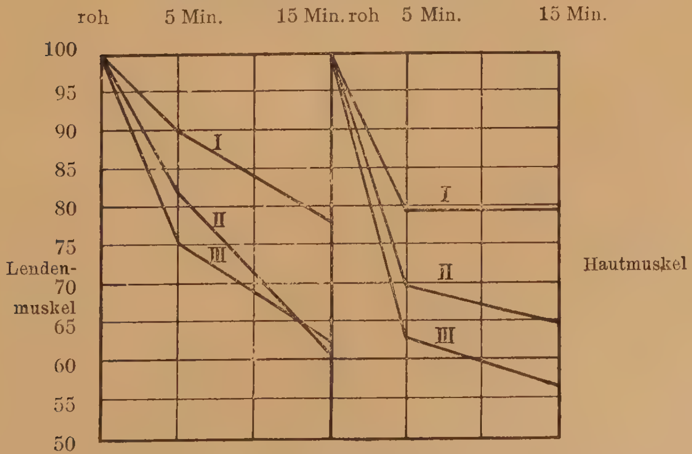
Tabelle IX.

Volumen- und Dimensionsbestimmungen des frischen und des abgelagerten Rindfleisches beim Kochen.

	a. Lende:			b. Hautmuskel:		
Masse in cm	Länge	Breite	Dicke	Länge	Breite	Dicke
1. 1. Stunde nach Schlachtung des Rindes.						
roh	6,0	3,7	1,5	5,5	3,5	0,9
5 Min. gek.	3,0	4,0	2,5	4,3	3,2	1,0
15 Min. gek.	3,0	3,5	2,5	4,3	3,2	1,0
2. 7 Stunden nach Schlachtung des Rindes						
roh	10,0	4,0	1,1	14,0	10,0	0,4
5 Min. gek.	5,0	4,5	1,6	12,0	6,5	0,5
15 Min. gek.	4,7	4,0	1,5	11,5	6,3	0,5
3. 30 Stunden nach Schlachtung des Rindes.						
roh	7,5	3,5	1,7	11,0	7,5	0,6
5 Min. gek.	6,0	3,3	1,7	9,4	5,5	0,6
15 Min. gek.	5,5	3,0	1,7	9,0	5,2	0,6
Volumen des gekochten Fleisches in °/₀ berechnet.						
nach	1 Std.	7 Stdn.	30 Stdn.	1 Std.	7 Stdn.	30 Stdn.
5 Min. gek.	90,0	81,7	75,4	79,5	69,8	62,6
15 Min. gek.	78,6	61,7	62,9	79,5	64,8	56,6

Tabelle IX c.

Kurven für Volumenabnahme von Lenden- und Hautmuskel beim Kochen.



I = 1 Std., II = 7 Stdn., III = 30 Stdn. nach Schlachtung des Rindes.

Verkürzungen um 1/2—2/3 der ursprünglichen Faserlänge. Dass eine derartige Verkürzung der Muskelfasern eine Zunahme im Querschnitt bewirkt, ist nicht auffällig, da sie als wirkliche Muskelkontraktion noch ohne Wasserverlust erfolgt. Bemerkenswert aber ist, das der tote Muskel diese tetanische Verkürzung bei längerem Kochen unverändert beibehält, obwohl sie die beim abgelagerten Muskel durch Kochwirkung hervorgerufene Längsschrumpfung bedeutend übertrifft[1]).

Ferner unterscheidet sich der frische Muskel von dem abgelagerten durch die geringere Abnahme an Volumen beim Kochen; so fand ich für das frische, 15 Minuten lang gekochte Fleisch noch ein Volumen von 80%, dagegen für das einen Tag abgelagerte Fleisch bei gleich langer Kochzeit nur mehr ein Volumen von ungefähr 60%. Dies kann so gedeutet werden, dass der lebensfähige und der chemisch wenig veränderte Muskel seinen Wassergehalt infolge der chemischen

[1]) Die Erklärung hiefür ist wohl in dem Verlust der Elastizität der Gewebsmassen und der Gerinnung des Eiweisses in den Muskelfasern zu suchen. Denn durch die Gerinnung des Muskeleiweisses wird der Widerstand für neue Formänderung grösser, durch das Starrwerden der Gewebsfasern sind einerseits die verkürzten Fasern im Stande stärkeren Widerstand gegen Dehnung zu leisten, anderseits ist die ihnen entgegen wirkende gedehnte Fasernmasse, die eine Schrumpfung im Querdurchmesser zu Folge hätte, ebenfalls in ihrer Elastizität durch die Kochwirkung geschwächt und hiedurch eine Verkürzung erschwert. Infolge dessen liegt keine Möglichkeit vor, die dem toten Muskel beim Kochen eigenen Dimensionsverkürzungen nachträglich zu erlangen.

Umgekehrt darf wohl angenommen werden, dass auch die Längsfasern des abgelagerten Fleisches, worunter ich Muskel- und gleich verlaufende Bindegewebsfasern zusammenfassen will, infolge ihrer Elastizität eine derartige Längsschrumpfung bewirken würden, wie im Tetanus entsteht, wenn nicht hier die von Anfang an vorhandenen grösseren Widerstände entgegen wirken würden, nämlich 1.) die Gerinnung des Muskeleiweisses, 2.) die gleichzeitig wirksame Verkürzung im Querdurchmesser, und 3.) der allmähliche Verlust der ihnen eigenen Elastizität.

Zusammensetzung der Lösung mit grösserer Energie festhält, als das abgelagerte Fleisch, das mit der Erstarrung auch chemische Veränderungen erlitten hat. Doch kann auch ein rein mechanisches Hindernis die Ursache des verzögerten Austretens von Wasser sein: darauf will ich im nächsten Abschnitt zu sprechen kommen. Hier sei nur noch auf die Kurven von Tabelle IX verwiesen, welche die durch Berechnung aus den Dimensionen gefundenen Volumen-Werte veranschaulicht. Interessant ist besonders die bedeutend raschere Volumenabnahme des Hautmuskels gegenüber dem Lendenmuskel auch bei lebensfrischem Fleisch. Die gleiche Erscheinung beim abgelagerten Fleisch dürfte aus den Kurven zur Tabelle VIII bekannt sein.

4. Ursachen der Schrumpfung.

Kehren wir zurück zu der früher aufgeworfenen Frage: Wodurch wird die Schrumpfung bewirkt, durch welche Kräfte wird das Wasser veranlasst aus den Muskeln auszutreten, während z. B. das Bindegewebe beim Kochen Wasser aufnimmt? Die Kontraktion des lebensfrischen Muskels kommt beim Kochen hiebei nicht in Betracht: denn die gewöhnliche physiologische und selbst die tetanische Muskelverkürzung hat keinen Wasserverlust und keine Volumenveränderung (nach J. R. Ewald) zur Folge. Mithin kann hier nur die tote Muskelfaser und das Bindegewebe einschliesslich der elastischen Fasern einen schrumpfenden Einfluss ausüben. Daraus, dass die tetanische Kontraktion, welche die Verkürzung der toten Muskelfasern beim Kochen weit übertrifft, keinen Wasserverlust zur Folge hat, lässt sich entnehmen, dass eine Verkürzung der Sarkolemmschläuche nicht mit dem Austreten von Wasser verbunden sein muss. Die allmähliche Kontraktion des Fleisches in allen Dimensionen, die wir am schönsten am abgelagerten,

bindegewebsarmen Muskel beobachten können, lässt vermuten, dass eine dauernd wirksame Kraft allmählich zu diesen Veränderungen führt. Prüfen wir nun Fleisch auf seine Elastizität, so ist leicht zu erkennen, dass Bindegewebe erst nach langem Kochen und dann nur allmählich seine Elastizität verliert, während sie der Muskelfaser nur kurze Zeit bewahrt. Eine einfache Art, dies nachzuweisen, ist das langsame Strecken von gekochten Fleischsäulchen. Hiebei lässt sich genau verfolgen, dass die Muskelfasern zu einer Zeit zerreissen, in der die dazwischen erhaltenen Bindegewebsfasern sich noch weiter dehnen lassen[1]). Wenn hiemit nachgewiesen ist, dass die Elastizität der gekochten Fleischfasern verschwindend klein ist, so dürfen wir auch nicht erwarten, dass derartige Fleischfasern noch die Kraft haben Schrumpfung und Auspressen von Wasser zu bewirken. Wäre aber eine derartige Wirkung bei ganz kurzer Kochzeit vorhanden, so müsste sich der bindegewebsarme Muskel anfangs rasch kontrahieren, während in Wirklichkeit der bindegewebsreiche Muskel anfangs sein Volumen durch Schrumpfung rascher ändert. (Vergl. die Kurven Seite 21 u 23.)

Dass Bindegewebe ein stärkeres Bestreben zur Verkürzung beim Kochen besitzt als die Muskelfasern, geht ferner daraus hervor, dass an den Querschnitt-Oberflächen des gekochten Fleisches die Muskelfasern über das Bindegewebe vorquellen, oder besser gesagt durch energische Kontraktion des Bindegewebes hervor-

[1]) Auch die schon von A. SCHAUWIENOLD beschriebene Beobachtung über die unvollständige Durchschneidung von rohem und kurze Zeit gekochtem Fleisch, welches bei einer zweiten nach kurzer Zeit an der gleichen Stelle ausgeführten Durchschneidung noch die Hälfte der Anfangsbelastung beziehungsweise die gleiche oder sogar erhöhte Belastung nötig machte, spricht für die grössere Elastizität des Bindegewebes gegenüber den Muskelfasern (Diss. v. A. SCHAUWIENOLD S. 8 u. 9).

gepresst werden. Um die Verkürzung des Bindegewebes besser beurteilen zu können, wurden Dimensionsbestimmungen an frischen und an gekochten Sehnen ausgeführt. Die Untersuchungen ergaben in 5 Minuten eine Verkürzung um 75% und nach 15 Minuten langem Kochen eine Verkürzung um 80%. Demgemäss ist die Verkürzung von Sehnen beim Kochen sogar stärker als die von lebensfrischem Fleisch. Auffällig war hiebei, dass auch hier an der Oberfläche der Querschnitte der gekochten Sehnen das lockere Bindegewebe stärker verkürzt war, so dass hier die Bindegewebsbündel ähnlich wie beim Fleisch die Muskelfasern darüber vorragten. Um auch die Kochwirkung auf die elastische Faser beobachten zu können, wurde das an elastischen Fasern reiche Nackenband untersucht. Die gefundenen Verkürzungen blieben weit hinter denen der Sehnen zurück. Nach all diesen Beobachtungen scheint mir das Bindegewebe bei den Schrumpfungs-Vorgängen während des Kochens von Fleisch die Hauptrolle zu spielen. Ob hiebei noch andere Vorgänge mit in Betracht kommen und ob die Wasseraufnahme des Bindegewebes hiemit im Zusammenhang steht, wage ich nicht als unwahrscheinlich auszuschliessen.

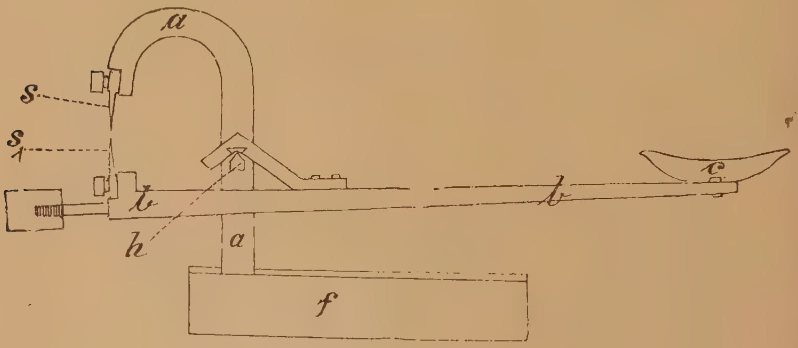
III. Zähigkeitsveränderungen des Lenden- und Hautmuskels beim Kochen.

1. Einführung in die Untersuchungsmethode.

Der Beissapparat.

Um klar zu legen, wie die folgenden Zähigkeitsbestimmungen gewonnen wurden, will ich eine kurze Beschreibung der Konstruktion des im hiesigen hygienischen Institut hiezu benützten Beissapparates voraus-

schicken. Derselbe lässt sich am besten mit einer Beisszange vergleichen, deren einer Griff in ein feststehendes Stativ (f-a) umgewandelt wurde. Der andere Teil (b) ist im Drehpunkt (h) ähnlich dem Querbalken einer Wage, auf Kanten leicht beweglich und trägt am Ende seines Hebelarmes eine Schale (c) zum Auflegen von Gewichten. An den Kopfteilen des Apparates sind zwei gegen einander wirkende Schneiden angeschraubt, so dass die Schnittkanten (s und s_1) beim Annähern hart aneinander vorbeigehen. Da der Hebelarm fünfmal länger ist als der Kopfteil, müssen die gefundenen Werte mit fünf multipliziert werden, um den an Stelle der Schneiden einwirkenden Druck zu finden. Das Gleichgewicht des beweglichen Teiles in der Unterstützungslinie ist durch Anbringung eines entsprechenden Gewichtes vorm Kopfteil erzielt. Zur Veranschaulichung des Beissapparates diene die mit der gütigen Erlaubnis von Herrn Prof. Dr. K. B. Lehmann beigefügte Abbildung seines Apparates.



Die übliche Untersuchungsmethode.

Die Zähigkeitsbestimmungen wurden früher in der Weise vorgenommen, dass ein Fleischsäulchen von 1,2 cm Durchmesser zwischen die Schneiden eingelegt

und hierauf die Schale durch Gewichte allmählich stärker belastet wurde bis die Durchschneidung erfolgte. Da jedoch die Fleischteilchen selten vollständig durchtrennt werden, sondern gewöhnlich durch eine dünne Schicht Bindegewebe verbunden bleiben, brachten die früheren Untersucher unter der Schale des langen Hebelarmes einen Holzklotz als Hemmung an, um stets gleiche Annäherung der Schneiden für die zusammengehörigen Versuche zu erzielen. Um die stärkere Breitdrückung der Fleischsäulchen zu verhindern, wodurch häufig Muskelfasern über die 22 mm breiten Schneiden herausgedrängt, statt durchschnitten wurden, hat schon P. Gunkel die Fleischsäulchen in Abständen von ungefähr 1 cm umbunden, wodurch diese ein Perlschnur ähnliches Aussehen erhielten. Die angestellten Zähigkeitsbestimmungen bei Fleisch ergaben stets grössere Verschiedenheit der gefundenen Werte, ein Umstand, der es nötig machte, stets mehrere Bestimmungen von dem gleichen Material zu machen, und hieraus einen Mittelwert zu bestimmen.

Voruntersuchungen.

Bevor ich mit den Zähigkeitsbestimmungen begann, machte ich einige Voruntersuchungen, teils um mich mit der üblichen Benützung des Apparates vertraut zu machen, teils um mich über die Vorzüge und Schattenseiten desselben zu orientieren. Ein Bedenken, es entstehe durch das Gewicht der Fleischsäulchen selbst eine Fehlerquelle, da sie auf der Schneide des beweglichen Teiles ruhen, liess ich fallen, nachdem ich mehrere Fleischsäulchen gewogen hatte; denn ihr Gewicht betrug durchschnittlich weniger als zehn Gramm. Um einheitlichere Resultate zu erzielen, machte ich den Versuch, Wasser durch einen Schlauch in ein, an Stelle der Schale aufgehängtes, Glas einlaufen zu lassen, doch

führte auch diese langsame, gleichmässig gesteigerte, Gewichtszunahme nicht zu dem gewünschten Erfolg. Beim rohen Fleisch fand trotz der üblichen Perlschnur ähnlichen Umbindung eine stärkere Plattdrückung statt. Dies veranlasste mich zu meinen Untersuchungen an Stelle der Garn-Umbindung eine Hemmung aus Blech anzubringen, die ein seitliches Ausweichen der Fleischfasern besser verhinderte und die Vorbereitung zur Durchschneidung vereinfachte. Abgesehen von dieser letztgenannten, unwesentlichen Neuerung hielt ich bei meinen Untersuchungen an der üblichen Methode fest, um auf der, durch die früheren Untersuchungen meiner Vorgänger geschaffenen Grundlage weiter zu bauen.

Genauere Angaben über die Art der Durchschneidung.

Zur richtigen Beurteilung der gefundenen Zähigkeitswerte sei vorausgeschickt, dass ich, wie die Mehrzahl meiner Vorgänger, den einzelnen Versuch immer erst dann für vollendet betrachtete, wenn die beiden Schneiden des Beissapparates ungefähr $^{1}/_{3}$ mm übereinander gingen, was mir die unter dem langen Hebelarm angebrachte Hemmung erkennen liess. Trotz der Beachtung der vorausgeschickten Angaben kann aber die Zähigkeitsbestimmung noch zu sehr verschiedenen Resultaten führen. Denn sowohl die Zeit, während welcher eine aufgelegte Gewichtslast einwirkt, beeinflusst die Grösse der Zähigkeitswerte[1]), als auch die Art und Weise der Gewichtsauflegung, sowie die

[1]) GUNKEL legte der Zeitdauer der Belastung nur für Durchschneidung homogener, weicher Massen, z. B. Käse, Wert bei, hält sie aber bei der Fleischdurchschneidung für belanglos. Meine dieser Ansicht widersprechende Behauptung stützt sich auf die Erfahrung, dass die Durchschneidung häufig nicht unmittelbar nach stärkerer Belastung auftrat, sondern verspätet, manchmal kurz vor Einlegung eines neuen Gewichtes.

Grösse dieser Gewichte. Kleinere Zähigkeitswerte entstehen durch grosse Pausen beim Steigern der Gewichtslast, ferner durch Auflegung eines grösseren Gewichtes und endlich selbst durch kleinere Gewichte bei hastigem oder unvorsichtigem Einlegen derselben. Durch die beiden letzten Faktoren kann die gewünschte langsame Durchschneidung teilweise oder vollständig in die rasche Durchschneidung übergehen, wodurch die ganze Untersuchung illusorisch werden muss[1]). Um stets möglichst gleichmässig vorzugehen, suchte ich die zur Durchschneidung nötige Belastung durch gleichmässig rasches Auflegen von Gewichten zu erreichen und bemühte mich die hiezu benützten Einzelwerte von 50 oder 100 g stets vorsichtig in die Gewichtsschale einzulegen[2]). Bei der Beobachtung dieser Punkte ergaben sich fast stets höhere Mittelwerte für die Zähigkeit als durch frühere Untersuchungen erzielt waren[3]). Vielleicht ist die Verschiedenheit dadurch erklärbar, dass meine Fleischproben häufig noch nicht die Totenstarre durchgemacht hatten, vielleicht auch durch andere Ursachen. Jedenfalls ist

---

[1]) Versuche mit vollständig rascher Durchschneidung wurden nach den Zähigkeitsbestimmungen ausgeführt. Ihre Resultate werden am Schlusse dieser Untersuchungen zur Besprechung kommen.

[2]) Kleinere Gewichte zur Belastung zu nehmen, hat keinen Wert, da Schwankungen der Einzelwerte um ungefähr 200 g bei demselben Fleischsäulchen gewöhnlich vorkommen, und selbst solche über 500 g trotz sorgfältigen Vorgehens nicht vermieden werden können.

[3]) Die früheren Untersuchungen der Zähigkeit des rohen Rindfleisches ergaben folgende Mittelwerte:

Bei P. GUNKEL	für	Lende	417	für Hautmuskel	1096
„ J. TILLMANN	„	„	535,5 „	„	1410
„ J. WILLMS	„	„	407,5 „	„	1732,5
„ A. SCHAUWIENOLD am 1. Tage	„	„	483 „	„	1350
„ „ „ 2. „	„	„	475 „	„	1487

Meine Mittelwerte schwanken für Lende zwischen 645 und 875 für Hautmuskel zwischen 1530 und 1980.

es von nebensächlicher Bedeutung, da nicht die absoluten Zahlen der Zweck unserer Untersuchungen sind, sondern nur die Verhältniszahlen, welche die relativen Zähigkeitsunterschiede verschiedener Fleischteile ein und desselben Tieres zeigen sollen. Diese Verhältniszahlen dürften aber in beiden Fällen annähernd gleich bleiben.

Gang der Untersuchungen.

Da es bei den Zähigkeitsbestimmungen mit unserem Apparat vor allem darauf ankommt, ein grosses Zahlenmaterial zu sammeln, das ausführlich mitgeteilt unübersichtlich wäre und beim Durchlesen ermüden würde, so gab ich der Kürze und Uebersichtlichkeit halber die gefundenen Resultate in Tabellen an, um die Besprechung folgen zu lassen. Von den ersten vier Tabellen sind die ersten zehn Zahlen jeder Reihe die durch Auflegung der Gewichte gefundenen Einzelwerte, die folgende Zahl gibt die Gesamtsumme dieser Werte in Gramm an, und die nächste Zahl drückt in Kilogramm den Betrag der Durchschnittsbelastung aus, welche nach Berücksichtigung des fünfmal längeren Hebelarmes an der Stelle der Kraftleistung langsam einwirken müsste. Das Fleisch stammte stets frisch aus dem Schlachthaus und wurde spätestens am zweiten Tage zur Untersuchung verwendet. Zum Kochen legte ich das Fleisch in das bereits siedende Wasser, da ich durch die von SCHAUWIENOLD eingeschlagene Methode, das Fleisch in das kalte Wasser einzulegen und hierauf von Beginn des Siedens an die Untersuchungszeit zu rechnen, Ungenauigkeiten befürchtete[1]). Die aus den Tabellen X—XIII gefundenen Mittelwerte sind in Tabelle XIV in Prozent mit einer Anfangszähigkeit für Lende und Hautmuskel im rohen Zustande = 100 umgerechnet, um hieraus prozentuale

[1]) Der Einfluss des allmählich erwärmten Wassers auf das Fleisch blieb dort unberücksichtigt.

Mittelwerte festzustellen und durch Kurven übersichtlich zu machen.

Die Zinnröhre.

Bei meinen Zähigkeitsbestimmungen kam zum ersten Male beim Kochen von Fleisch eine Zinnröhre in Verwendung. Dieselbe ist nach den Angaben des Herrn Professors Dr. LEHMANN konstruiert; sie besteht im Wesentlichen aus zwei 9 cm langen Halbrinnen, welche gut zusammen passen und durch zwei verschiebbare Ringe zusammen gehalten werden. Der zur Aufnahme von Fleischsäulchen bestimmte Hohlraum hat einen Durchmesser von 1,2 cm, so dass er der gewöhnlichen Dicke unserer Untersuchungsproben entspricht. Der Zweck der Zinnröhre war, nachzuweisen, ob die Verkürzung der Fleischsäulchen verhindert werden kann, wenn deren Ausdehnung im Querdurchmesser unmöglich gemacht wird und wie weit hiedurch die Zähigkeit des Fleisches beeinflusst wird.

Tabelle X[1]).

Zähigkeitsbestimmungen des Lenden- und Hautmuskels im rohen Zustand und nach Kochen ohne und mit Einschluss in eine Zinnröhre.

(3jähriges Rind, Rind I.)

a. Lende:

roh	30 Min. gekocht		1 Stunde gekocht		2 Stunden gekocht	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
650	500	750	450	400	850	300
600	400	800	650	450	650	350
700	550	750	850	450	600	300
700	450	500	800	650	450	350
800	450	600	400	750	400	350
650	650	550	650	700	500	250
550	500	600	700	600	600	300
650	400	400	600	350	750	300
650	400	550	450	450	600	300
500	350	500	500	450	400	400
6450 g	4650 g	6000 g	6050 g	5250 g	5800 g	3200 g
3,23 kg	2,33 kg	3,00 kg	3,03 kg	2,63 kg	2,90 kg	1,60 kg

b. Hautmuskel:

1900	600	750	850	1000	550	750
1600	750	450	650	750	1050	1200
1500	450	700	750	950	800	1000
1600	700	700	650	750	400	1100
1600	400	800	500	950	1150	1150
1300	650	900	550	950	550	1100
1300	450	400	600	850	700	950
1300	300	750	700	950	550	800
1650	550	800	550	500	600	1050
1550	500	800	600	1000	650	900
15300 g	5350 g	7050 g	6400 g	8650 g	7000 g	10000 g
7,65 kg	2,68 kg	3,53 kg	3,20 kg	4,33 kg	3,50 kg	5,00 kg

c. Zähigkeitsverhältnis der Lende zum Hautmuskel:

1 : 2,37	1 : 1,15	1 : 1,18	1 : 1,06	1 : 1,65	1 : 1,21	1 : 3,13

[1]) Die Erklärung der Tabellen über Zähigkeitsbestimmungen findet sich im »Gang der Untersuchungen«.

Tabelle XI. **Zähigkeitsbestimmungen des Lenden- und Hautmuskels** (1½ jähr. Rind, Rind II.)
in rohem Zustand und nach Kochen ohne und mit Einschluss in eine Zinnröhre, sowie gebunden:

roh	15 Min. gekocht			30 Min. gekocht			1 Stunde gekocht			2 Stunden gekocht		
	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.
a. Lende:												
800	550	1300	1500	1000	1700	1000	950	850	1050	550	850	850
900	850	1250	900	900	1050	1000	1150	950	1100	550	750	700
900	1000	1100	950	800	1650	1300	1100	950	1050	600	750	650
750	1050	1350	1000	800	1750	800	1000	1050	1050	650	700	900
950	950	1350	950	600	1150	1100	900	850	1100	650	800	700
1050	750	1150	1000	650	1150	1150	700	1150	800	700	500	900
10[illegible]0	800	1400	950	850	1500	900	800	900	950	500	600	850
750	1200	950	1100	900	1000	1200	950	650	950	750	550	600
850	1000	1600	1050	850	900	1050	950	850	850	600	800	750
800	1000	750	850	600	700	900	950	750	1100	700	750	950
8750 g	9150 g	12200 g	10250 g	7950 g	12550 g	10400 g	9450 g	8950 g	10000 g	6250 g	7050 g	7850 g
4,38 kg	4,58 kg	6,10 kg	5,13 kg	3,98 kg	6,28 kg	5,20 kg	4,73 kg	4,48 kg	5,00 kg	3,13 kg	3,53 kg	3,93 kg
b. Hautmuskel:												
2150	1000	1100	1150	600	900	900	400	350	750	700	750	850
2100	700	1350	1550	400	850	950	550	500	600	600	950	1100
1950	800	1200	1200	500	700	700	550	700	850	650	1100	900
1850	700	1350	1500	550	750	850	450	450	600	800	1000	800
2250	1050	1000	1550	600	500	900	450	650	1200	700	850	1000
2200	700	1050	1250	700	950	950	650	400	1400	850	700	850
2050	1150	700	1650	650	950	500	300	400	850	700	1050	850
1700	950	700	1500	650	1050	850	650	850	1150	800	1100	800
1750	1000	800	1200	750	950	900	300	450	850	1000	1050	850
1800	1000	1100	1350	550	750	550	700	500	900	750	900	800
19800 g	9050 g	10350 g	13900 g	5950 g	8350 g	8050 g	5000 g	5250 g	9150 g	7550 g	9450 g	8800 g
9,90 kg	4,53 kg	5,18 kg	6,95 kg	2,98 kg	4,18 kg	4,03 kg	2,50 kg	2,63 kg	4,58 kg	3,78 kg	4,73 kg	4,40 kg
c. Zähigkeitsverhältnis der Lende zum Hautmuskel:												
1 : 2,26	1 : 0,99	1 : 0,85	1 : 1,35	1 : 0,75	1 : 0,67	1 : 0,78	1 : 0,52	1 : 0,58	1 : 0,92	1 : 1,21	1 : 1,34	1 : 1,12

Tabelle XII. **Zähigkeitsbestimmungen des Lenden- und Hautmuskels** (1 jähr. Rind, Rind III.)

in rohem Zustand und nach Kochen ohne und mit Einschluss in eine Zinnröhre, sowie gebunden:

a. Lende:

roh	5 Min. gekocht			15 Min. gekocht			30 Min. gekocht			1 Stunde gekocht		
	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.
800	1300	1100	700	700	700	900	900	900	500	700	1000	400
700	1000	900	900	700	900	700	1100	1000	600	800	800	600
800	1100	800	900	700	1100	900	900	1100	500	900	1000	600
700	1200	800	1000	700	1000	800	700	1000	700	900	800	600
900	1200	1100	900	900	1200	900	700	900	600	700	800	500
800	900	900	700	900	900	1000	500	1000	700	700	800	600
1000	1100	900	700	700	1100	700	800	1000	600	900	800	500
1000	1000	900	800	800	1200	800	500	900	500	800	1000	400
900	900	900	900	800	900	900	700	700	600	900	800	500
800	700	1100	1000	800	900	1000	600	900	500	900	700	500
8400 g	10400 g	9400 g	8500 g	7700 g	9900 g	8600 g	7400 g	9400 g	5800 g	8200 g	8500 g	5200 g
4,20 kg	5,20 kg	4,70 kg	4,25 kg	3,85 kg	4,95 kg	4,30 kg	3,70 kg	4,70 kg	2,90 kg	4,10 kg	4,25 kg	2,60 kg

b. Hautmuskel:

1900	700	700	1000	700	700	700	700	900	800	900	900	700
2000	800	1200	1300	900	600	800	1000	1400	900	700	700	900
1900	700	900	1400	900	500	700	600	1100	600	800	800	700
2000	1100	1000	1000	700	900	800	700	800	700	700	800	500
1800	1100	900	900	700	700	1100	600	700	500	800	800	900
1600	1000	1100	900	800	700	700	600	800	600	800	600	800
1900	700	900	1000	500	500	800	900	800	600	800	600	700
1900	700	1200	900	900	900	800	700	900	600	500	600	700
1800	900	1000	1200	900	800	700	600	800	400	800	500	700
1500	900	900	900	700	800	800	800	700	800	900	500	600
18300 g	8600 g	9800 g	1050 g	7700 g	7100 g	7900 g	7200 g	8900 g	6500 g	7700 g	6800 g	7200 g
9,15 kg	4,30 kg	4,90 kg	5,25 kg	3,85 kg	3,55 kg	3,95 kg	3,60 kg	4,45 kg	3,25 kg	3,85 kg	3,40 kg	3,60 kg

c. Zähigkeitsverhältnis der Lende zum Hautmuskel:

1 : 2,18	1 : 0,83	1 : 1,04	1 : 1,24	1 : 1	1 : 0,72	1 : 0,92	1 : 0,97	1 : 0,95	1 : 1,12	1 : 0,94	1 : 0,80	1 : 1,38

Tabelle XIII.

Zähigkeitsbestimmungen des Lenden- und Hautmuskels im rohen Zustand und nach Kochen, bei langsamer und rascher Durchschneidung.

Rind IV (3jährig.)

a. Lende:

1. langsame Durchschneidung			2. rasche Durchschneidung		
roh	5 Min. gek.	30 Min. gek.	roh	5 Min. gek.	30 Min .gek.
700	800	600	400	300	400
800	800	600	350	300	350
700	700	900	300	300	300
900	800	900	250	250	400
700	800	700	250	250	400
600	700	900	250	300	400
700	800	1000	250	250	400
800	900	700	300	250	400
900	800	1300	350	300	300
900	800	1300	350	300	400
7700 g	7900 g	8900 g	3050 g	2800 g	3750 g
3,85 kg	3,95 kg	4,45 kg	1,53 kg	1,40 kg	1,88 kg

b. Hautmuskel:

2300	1200	1100	800	400	350
1700	1000	900	700	400	350
1700	1000	900	600	400	300
1500	900	900	500	400	450
1700	1500	1100	650	350	450
2100	1700	1000	700	350	450
1700	1500	1100	600	400	450
1900	1500	900	700	400	450
1900	1000	900	700	400	450
2100	1500	1300	700	400	400
18600 g	12800 g	10100 g	6650 g	3900 g	4100 g
9,30 kg	6,40 kg	5,05 kg	3,33 kg	1,95 kg	2,05 kg

c. Zähigkeitsverhältnis der Lende zum Hautmuskel:

1 : 2,42	1 : 1,62	1 : 1,14	1 : 2,18	1 : 1,39	1 : 1,09

Tabelle XIV.

Bestimmung der prozentualen Mittelwerte der Zähigkeit aus den Tabellen X, XI, XII und XIII.[1])

a. Lende:

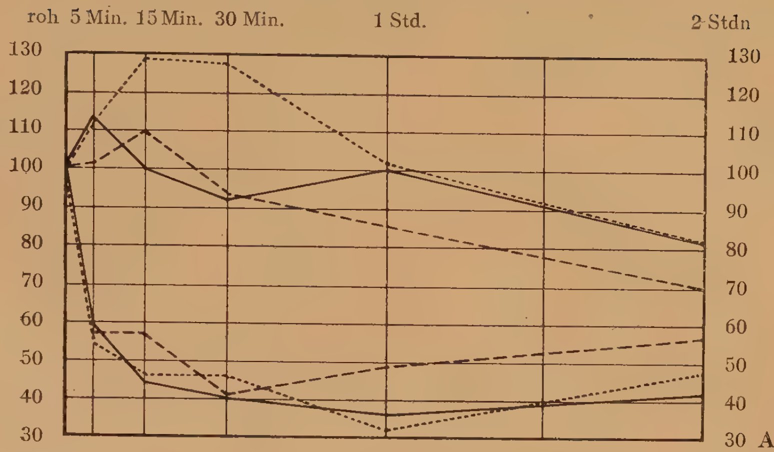
	roh	5 Min. gekocht			15 Min. gekocht			30 Min. gekocht			1 Std. gekocht			2 Stdn. gekocht		
		einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.
Tabelle X	100	—	—	—	—	—	—	72	—	93	93	—	81	90	—	50
„ XI	100	—	.	—	105	139	117	91	143	119	108	102	114	71	81	90
„ XII	100	124	112	101	92	118	102	88	112	69	98	101	62	—	—	—
„ XIII	100	103	—	—	—	—	—	116	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittelwert	100	114	112	101	99	129	110	92	128	94	100	102	86	81	81	70

b. Hautmuskel:

	roh	5 Min. gekocht			15 Min. gekocht			30 Min. gekocht			1 Std. gekocht			2 Stdn. gekocht		
		einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.	einfach	gebunden	in Z.-R.
Tabelle X	100	—	—	—	—	—	—	35	—	46	42	—	57	46	—	65
„ XI	100	—	—	—	45	52	70	30	42	40	25	26	46	38	47	44
„ XII	100	47	54	57	42	39	43	39	49	36	42	37	39	—	—	—
„ XIII	100	69	—	—	—	—	—	54	—	—		—	—	—	—	—
Mittelwert	100	58	54	57	44	46	57	40	46	41	36	32	47	42	47	55

[1]) Von Tabelle XIII sind nur die bei langsamer Durchschneidung erhaltenen Werte berücksichtigt.

Zähigkeitskurven nach Tabellen XIV.



(Anfangs-Zähigkeit von Lende und Hautmuskel = 100 angenommen.)

Lende:
gebunden gekocht ··············
einfach gekocht ————
in Zinnröhre gekocht - - - - - - - -

Hautmuskel:
in Zinnröhre gekocht - - - - - - - -
gebunden gekocht ··············
einfach gekocht ————

Anzahl der Untersuchungen:

4	2	2	4	3	2	einfach gekocht
—	1	2	2	2	1	gebunden "
—	1	2	3	3	2	in Zinnröhre "

je 10 Einzelwerten entsprechend.

Tabelle XV.

Bestimmung der absoluten Mittelwerte der Zähigkeit ohne und mit Einschluss in die Zinnröhre zum Kochen aus den Tabellen X, XI, XII und XIII1.

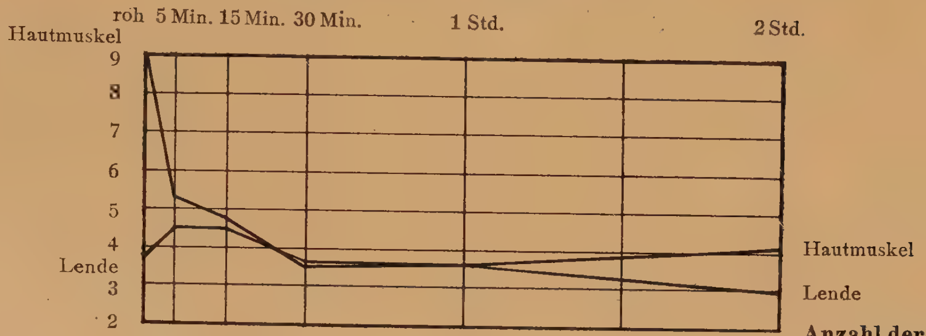
a. Lende:

		roh	5 Min. gek.	15 Min. gek.	30 Min. gek.	1 Std. gek.	2 Stdn. gek.
Tab. X	einfach	3,23	—	—	2,33	3,03	2,90
	in Zinnröhre	—	—	—	3,00	2,63	1,60
Tab. XI	einfach	4,38	—	4,58	3,98	4,73	3,13
	in Zinnröhre	—	—	5,13	5,20	5,00	3,93
Tab. XII	einfach	4,20	5,20	3,85	3,70	4,10	—
	in Zinnröhre	—	4,25	4,30	2,90	2,60	—
Tab. XIII1	einfach	3,85	3,95	—	4,45	—	—
Gesamtsumme		15,66	13,40	17,86	25,56	22,09	11,56
Mittelwert		3,92 kg	4,47 kg	4,47 kg	3,65 kg	3,68 kg	2,98 kg

b. Hautmuskel:

		roh	5 Min. gek.	15 Min. gek.	30 Min. gek.	1 Std. gek.	2 Stdn. gek.
Tab. X	einfach	7,65	—	—	2,68	3,20	3,50
	in Zinnröhre	—	—	—	3,53	4,33	3,78
Tab. XI	einfach	9,90	—	4,53	2,98	2,50	5,00
	in Zinnröhre	—	—	6,95	4,03	4,58	4,40
Tab. XII	einfach	9,15	4,30	3,85	3,60	3,85	—
	in Zinnröhre	—	5,25	3,95	3,25	3,60	—
Tab. XIII1	einfach	9,30	6,40	—	5,05	—	—
Gesamtsumme		36,00	15,95	19,28	25,12	22,06	16,68
Mittelwert		9,00 kg	5,32 kg	4,82 kg	3,59 kg	3,68 kg	4,17 kg

Kurven zur Darstellung des Zähigkeitsverhältnisses von Lenden- und Hautmuskel beim Kochen, nach den Mittelwerten der Tabelle XV.



	roh	5 Min.	15 Min.	30 Min.	1 Std.	2 Std.	
	4	2	2	4	3	2	einfach gekocht
	–	1	2	3	3	2	in Zinnröhre ,,

Anzahl der Untersuchungen:
einfach gekocht } je 10 Einzelwerten
in Zinnröhre ,, } entsprechend.

2. Die Ergebnisse der Zähigkeitsbestimmungen.

Das rohe Fleisch.

Im rohen Zustand ist die Zähigkeit von entsprechenden Muskeln verschiedener Rinder bedeutenden Schwankungen unterworfen, was mit Alter, Ernährung und Lebensweise der Tiere im Zusammenhang stehen mag. Trotzdem bleiben die Verhältniszahlen zweier bestimmter Muskeln auffällig ähnlich, so dass zum Beispiel rohe Lende stets kaum halb so hohe Zähigkeitswerte ergab, als der rohe Hautmuskel. Die von mir gefundenen Verhältniswerte für Lende und Hautmuskel betragen der Reihenfolge nach 1 : 2,37, 1 : 2,26, 1 : 2,18, 1 : 2,42 und 1 : 2,18[1]). Demgemäss erhalte ich im Durchschnitt ein Zähigkeitsverhältnis von 1 : 2,3, was mit den früher von anderen Herren gefundenen Verhältniszahlen gut übereinstimmt. Dass dieser starke Unterschied in der Zähigkeit dem verschiedenen Gehalt der Muskeln an Bindegewebe entspricht, haben frühere Untersuchungen gezeigt. So haben M. Selo und F. Schindler durch ihre Untersuchungen nachgewiesen, dass der Hautmuskel etwa 2,5 mal so viel Bindegewebe enthält, als die Lende. Ferner hat J. Tillmann für Sehnen, die wir fast als reines Bindegewebe auffassen dürfen, eine 4—5 mal grössere Zähigkeit als sie dem Hautmuskel eigen ist, nachgewiesen, während das an elastischen Fasern reiche Nackenband nach seinen Untersuchungen im rohen Zustand etwa die doppelte Zähigkeit des Hautmuskels besitzt. Durch diese Untersuchungsresultate ist die grössere Zähigkeit des stärker Bindegewebs haltigen Hautmuskels gut erklärlich. Gehen wir nun zur Betrachtung des gekochten Fleisches, so überraschen uns schon bei kurzem Kochen starke negative und positive Zähigkeitsveränderungen.

---

[1]) Die letzte Verhältniszahl ist das Ergebnis bei rascher Durchschneidungsmethode aus der Tabelle XIII 2.

Uebersicht über die Zähigkeitsveränderungen beim Kochen.

Bevor ich auf Einzelheiten eingehe, will ich eine übersichtliche Darstellung der Zähigkeitsveränderungen durch Kochen von Lende und Hautmuskel vorausschicken. Von dem Kurvenverlauf, der bei Benützung der Zinnröhre oder bei Umbindung der Fleischsäulchen entsteht, will ich hiebei vorläufig absehen, da beide Abweichungen von der einfachen Kochweise nur zu neuen Komplikationen führen. Wie aus den zu der Tabelle XIV angefertigten Kurven hervorgeht, wird Lende im Verhältnis zum Hautmuskel durch Kochen nur wenig in ihrer Zähigkeit beeinflusst. Eine nach 5 Minuten langem Kochen vorhandene Zähigkeitserhöhung um 12% ist bereits nach 10 weiteren Minuten wieder verschwunden, wogegen der Hautmuskel schon in den ersten Minuten so sehr an Zähigkeit abnimmt, dass er nach 15 Minuten die zeitlich gleiche Zähigkeit wie Lende besitzt; dabei hat er 56% seiner Zähigkeit im rohen Zustand verloren. Längeres Kochen hat für den Lendenmuskel eine langsame Zähigkeitsabnahme zur Folge, so dass er nach 2 Stunden nur mehr 80% seiner Anfangszähigkeit aufweist. Dagegen tritt beim Hautmuskel eine nur geringe, allmähliche Zähigkeitszunahme ein[1]). Zur richtigen Beurteilung des Zähig-

[1]) Um die besprochenen Zähigkeitsveränderungen auch in den Verhältniszahlen des Lendenmuskels zum Hautmuskel zu veranschaulichen, diene folgende Zusammenstellung der Zähigkeitsverhältnisse bei einfachem Kochen:

Kochzeit:	5 Min.	15 Min.	30 Min.	1 Std.	2 Stdn.
Tabelle X	—	—	1 : 1,15	1 : 1,06	1 : 1,21
„ XI	—	1 : 0,99	1 : 0,75	1 : 0,52	1 : 1,21
„ XII	1 : 0,83	1 : 1,00	1 : 0,97	1 : 0,94	—
„ $XIII_1$	1 : 1,62	—	1 : 1,14	—	—
„ $XIII_2$	1 : 1,39	—	1 : 1,09	—	—
Summa:	3 : 3,84	2 : 1,99	5 : 5,10	3 : 2,52	2 : 2,42
Durchschnittswert	1 : 1,28	1 : 1,00	1 : 1,02	1 : 0,84	1 : 1,21

keitsverhältnisses zwischen Lenden- und Hautmuskel beim Kochen verweise ich auf die Kurven zu Tabelle XV, zu denen die Zähigkeitswerte bei einfacher Kochweise, sowie bei Benützung der Zinnröhre zusammengestellt wurden.

Das einfache Kochen.

Nach dieser allgemeinen Betrachtung will ich die möglichen und wahrscheinlichen Ursachen der einzelnen Zähigkeitsveränderungen genauer besprechen. Die erste und auffälligste Veränderung des zum Kochen eingelegten Muskels ist die rasche Trübung der Fleischfasern, die durch Gerinnung des Muskeleiweisses hervorgerufen wird. Der Gedanke, es könne das Gerinnen des flüssigen Eiweisses der Muskelfasern Ursache der anfangs auftretenden Zähigkeitsveränderungen sein, könnte als Erklärung hiefür angesehen werden, doch ist zu beachten, dass dann eine Aenderung der Zähigkeit von Lenden- und Hautmuskel im gleichen Sinne zu erwarten wäre, die bei längerem Kochen ohne Mitwirkung anderer Faktoren eine bleibende Zähigkeitserhöhung ergeben müsste. Meine Untersuchungen ergaben aber für den Hautmuskel bei 5 Minuten langem Kochen eine so starke Zähigkeitsabnahme, dass die Eiweissgerinnung zu dieser Untersuchungszeit keinen Einfluss auszuüben scheint [1]). Ob vorher eine rasch vorübergehende Zähigkeitserhöhung vorhanden war, lässt sich nach meinen Untersuchungszeiten nicht entscheiden. So will A. SCHAUWIENOLD nach 3—5 Minuten langer Kochzeit eine Zähigkeitserhöhung für Lende und Hautmuskel gefunden haben. Da aber dort das Fleisch in das kalte Wasser eingelegt und all-

[1]) Die Annahme, es sei nach 5 Minuten die Eiweissgerinnung stark überkompensiert durch andere unbekannte Faktoren, könnte nicht als Erklärung dienen, sondern würde die hier mögliche Erklärung neuerdings erschweren.

mählich erwärmt wurde und hierauf von Beginn des Kochens an die Untersuchungszeit gerechnet wurde, sind diese Angaben hier nicht zu verwerten. Im übrigen scheint mir nicht glaubwürdig, dass eine allenfalls vorhandene Zähigkeitserhöhung infolge von Eiweissgerinnung neben der durch die Derbheit von Sarkolemm und Bindegewebe bedingten Zähigkeit bei den gemachten Bestimmungen bemerkbar wäre.

Nach 5 Minuten langem Kochen zeigt der Hautmuskel, wie schon oben erwähnt, nur mehr die halbe Zähigkeit. Der Grund für diese rasche Zähigkeitsabnahme ist jedenfalls in einem Faktor zu suchen, der beim Lendenmuskel entweder gar nicht, oder nur in relativ geringerer Grösse vorhanden ist. Was läge da näher, als denselben in dem beim Hautmuskel viel reichlicheren Gehalt an Bindegewebe zu suchen? Dass in der Tat Bindegewebe durch Kochen seine Zähigkeit stark verändert, zeigten mir einige mit reinem Bindegewebe angestellte Durchschneidungsversuche. Dieselben hatten für rohes Material trotz starker Belastung kaum ein geringes Einschneiden zur Folge, während das länger gekochte Bindegewebe dem gekochten Fleisch an Zähigkeit nahe kam. Diesem Befund entsprechen die Ergebnisse der Untersuchungen von J. Tillmann; derselbe fand für Sehnen nach 1/4stündigem Kochen eine Zähigkeitsverminderung um 50% gegenüber der Anfangszähigkeit, ferner für das an elastischen Fasern reiche Nackenband eine Zähigkeitsabnahme um 22%. Die wirkliche Durchschneidungs-Zähigkeit des Bindegewebes scheint mir bei der anfangs beim Kochen auftretenden Zähigkeitsabnahme des Hautmuskels nur eine unbedeutende Rolle zu spielen, da dasselbe nach kurzem Kochen des Fleisches ähnlich wie beim rohen Fleische zum grössten Teile nicht durchschnitten, sondern nur den Schneiden des Apparates aufgelagert und somit

nur gedehnt wird. Die leichtere Dehnbarkeit und dem entsprechend die geringere Zähigkeit des gekochten Hautmuskels erklärt sich folglich ungezwungen durch den starken Wasserverlust des Fleisches, wodurch die Spannung des Bindegewebes weniger beansprucht wird. Da die Elastizität des Bindegewebes bei der kurzen Kochzeit keine bemerkbare Veränderung erfuhr, ist in dem neuen geringen Spannungszustande eine relativ grössere Dehnung ermöglicht.

Die zweite Frage, die sich uns bei Betrachtung der Zähigkeitskurven aufdrängt, lautet: wodurch wird die Zähigkeit des Lendenmuskels bei 5 Minuten langem Kochen erhöht? Eine passende Erklärung hiefür ergibt sich aus den vorausgehenden Wassergehalts- und Dimensionsbestimmungen. Durch das Austreten von Wasser wird die Dichtigkeit des Fleisches beträchtlich erhöht, so dass jetzt auf gleichem Querschnitt eine grössere Gewebsmasse vorliegt. Infolge dessen ist diese Zähigkeitszunahme nicht etwa durch wirkliches Zäherwerden des Fleisches, sondern durch dessen Schrumpfung beim Kochen zu erklären. Folglich entspricht dem hier zur Durchschneidung gewählten Lenden-Fleischsäulchen ein fast doppelt so grosses im rohen Zustand. Gegen diese Erklärung spricht nicht die erwähnte auffällige Zähigkeitsabnahme des Hautmuskels bei 5 Minuten langem Kochen; denn derselbe verliert nur so viel von seiner Anfangszähigkeit, dass seine Zähigkeit der des Lendenmuskels gleich wird. Die Zähigkeitserhöhung beim Hautmuskel wird demgemäss durch die Entspannung des Bindegewebes und die hiemit verbundene Zähigkeitsabnahme überkompensiert. Mit anderen Worten: die Zähigkeit des Bindegewebes ist nach kurzer Kochzeit beim Hautmuskel scheinbar verschwunden; Lenden- und Hautmuskel sind demgemäss von gleicher Zähigkeit.

Der Kurvenverlauf für eine Kochzeit von 5 bis 30

Minuten zeigt für Lenden- und Hautmuskel den gleichen Verlauf, indem nach 10 Minuten eine stärkere, nach weiteren 15 Minuten nur eine unbedeutende weitere Zähigkeitsverminderung vorhanden ist. Die absoluten Zähigkeitsgrössen für Lenden- und Hautmuskel sind während dieser Zeit gleich: nach 15 Minuten betragen die Verhältniszahlen 1:1, nach 30 Minuten 1:1,02. Hieraus ergibt sich, dass die gleichen Ursachen für die Zähigkeitsabnahme beider Muskeln in Betracht kommen. Nach meiner Ansicht liegt hier wohl eine Veränderung der Muskelfasern selbst vor. Greifen wir zurück auf die Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen, so finden wir in den Kurven der Tabelle VII, dass nach 15 Minuten der Wasserverlust für Fleisch beim Kochen zum grössten Teil erfolgt ist. Mit dieser allmählichen Wasserausscheidung dürfen wir eine entsprechend stärkere Veränderung der Muskelfasern durch die Kochwirkung erwarten. Die Muskelfasern verlieren ihre Elastizität; sie werden mürbe und leicht zerreissbar. Infolge dessen lassen sie sich leichter durchschneiden.

Längeres Kochen hat nur geringe Zähigkeitsveränderungen zur Folge, die mir nur deshalb bemerkenswert erscheinen, weil bei Benützung der Zinnröhre (s. u.) die Veränderungen für die einzelnen Muskeln im gleichen Sinne wie bei der einfachen Kochweise erfolgen, jedoch viel deutlicher hervortreten. Der Lendenmuskel nimmt bei längerem Kochen langsam an Zähigkeit ab. Dass die Ursache in der stärkeren Veränderung der Muskelsubstanz zu suchen ist, geht daraus hervor, dass die Fleischstückchen allmählich bei Druck zwischen den Fingern zerbröckeln. Beim Hautmuskel erfolgt bei längerem Kochen wieder eine geringe Zähigkeitszunahme. Die Erklärung dürfte in einer Veränderung des Bindegewebes zu suchen sein; dasselbe verliert allmählich seine Elastizität und es wird infolge dessen nicht

mehr gedehnt und den Schneiden des Apparates aufgelagert, sondern es muss durchschnitten werden. Hiedurch wird die geringe Zähigkeitsabnahme der Muskelsubstanz bei längerer Kochzeit verdeckt und der Hautmuskel erhält allmählich beim Durchschneiden mit unserem Apparat die seiner Gewebsmasse entsprechende Zähigkeit.

Ergebnisse bei Benützung der Zinnröhre.

Eine abnorme Formveränderung des Fleisches bei Benützung der Zinnröhre zum Kochen dürfen wir nach den Ergebnissen der Dimensionsveränderungen nur bei lebensfrischem Fleisch erwarten, da nur dieses das Bestreben hat, sich im Querschnitt auszudehnen. Das Resultat der darauf gerichteten Untersuchung zeigte, dass die Verhinderung der Ausdehnung im Querdurchmesser eine entsprechend geringere Verkürzung in der Längsrichtung der Muskelfasern zur Folge hat. Diese Ergebnisse der Dimensionsveränderungen gleichen dadurch den beim abgelagerten Fleisch gewonnenen Resultaten. Die Zähigkeit wird durch Hemmung der Verdickung anscheinend nicht in auffälliger Weise beeinflusst. Jedoch zeigt die Benützung der Zinnröhre zum Kochen immer, d. h. auch für abgelagertes Fleisch, einen charakteristischen Kurvenverlauf für Lenden- und Hautmuskel. Die vorhandenen Abweichungen von den einfachen Kochkurven lassen sich leicht erklären, wenn wir berücksichtigen, dass anfangs die Kochwirkung auf die Muskelsäulchen geringer ist, da dieselben nur an den beiden Oeffnungen der Zinnröhre vom heissen Wasser bespült werden können, ferner dass bei längerem Kochen infolge der Schrumpfung des Fleisches kleinere Querdurchmesser zu durchschneiden sind, als bei den einfach gekochten Muskeln gewählt wurden. Demgemäss treten die Zähigkeitsveränderungen der ersten

halben Stunde verzögert ein. Die nach einer halben Stunde auftretenden Zähigkeitsveränderungen eilen den durch einfaches Kochen gewonnenen Werten zeitlich voraus[1]).

Ergebnisse bei Umbindung der Fleischsäulchen.

Aehnlich wie bei Benützung der Zinnröhre ist auch bei der Umbindung der Fleischsäulchen vor dem Kochen eine bestimmte Menge von Fleischfasern für alle Untersuchungszeiten gegeben. Aber während dort eine Verdickung unmöglich gemacht ist, könnten wir hier eine Zunahme im Querschnitt zwischen je zwei Unterbindungsstellen erwarten. Doch meine darauf gerichteten Untersuchungen ergaben keine Veränderung in der Dicke der perlähnlichen Muskelbäuche, wohl aber eine Ueberdeckung der Umbindungsstellen, indem sich in der Mantelfaserschicht Querfalten bildeten. Hiedurch bekamen die perlschnurähnlichen Lendensäulchen beim Kochen eine cylindrische Gestalt. Dagegen blieb beim Hautmuskel infolge des straffen Bindegewebes die perlschnurähnliche Gestalt beim Kochen erhalten. Die erhaltenen Zähigkeitswerte zeigen im Allgemeinen geringe Abweichungen von der einfachen Kochart. Deshalb halte ich es für überflüssig genauer darauf einzugehen. Nur eine auffällige Abweichung von dem erwarteten Kurvenverlauf findet sich beim Lendenmuskel bis zur einstündigen Kochzeit. Einen stichhaltigen Grund kann ich hiefür nicht angeben; doch sei darauf hingewiesen, dass die hohen Zähigkeitswerte für 15 und 30 Minuten

[1]) Beachtenswert ist der gerade Verlauf der Zähigkeitskurven für Lenden- und Hautmuskel zwischen $^1/_2$ und 2stündiger Kochzeit bei Benützung der Zinnröhre. Infolgedessen fallen die durch 1stündige Kochzeit gefundenen Zähigkeitswerte auffallend gut in die durch $^1/_2$ und 2stündige Kochzeit gegebenen Zähigkeitskurven. Dies spricht für die Richtigkeit der mit Benützung der Zinnröhre gewonnenen Werte und indirekt für die gute Verwertbarkeit der Zinnröhre zu Zähigkeitsbestimmungen.

langes Kochen hauptsächlich der Tabelle XI ihren Ursprung verdanken[1]); im Gegensatz hiezu führen die entsprechenden Werte der Tabelle XII zu bedeutend geringeren Zähigkeitssteigerungen über die normale Kurve. Bei genauer Betrachtung des Kurvenverlaufes mit Umbindung der Fleischsäulchen vorm Kochen ergeben sich viel Unregelmässigkeiten, so dass diese Art der Zähigkeitsbestimmung am wenigsten zuverlässig erscheint.

3. Betrachtungen über die langsame und rasche Durchschneidungsmethode.

Nachteile der langsamen Durchschneidungsmethode.

Mein Bestreben, möglichst einheitliche Einzelwerte bei den Zähigkeitsbestimmungen der einzelnen Fleischsäulchen zu erhalten, hatte nicht den gewünschten Erfolg. Dies veranlasste mich, die bei der Durchschneidung mit unserem Apparat entstehenden Fehlerquellen eingehend zu betrachten. Die wichtigsten Ursachen für die auffallend grossen, aber unvermeidlichen Zähigkeitsunterschiede, die sich bei ein und demselben Fleischsäulchen bei den Durchschneidungen ergaben, will ich im Folgenden kurz zusammenstellen. Schon frühere Untersucher haben hervorgehoben, dass die Fleischsäulchen infolge des Gehaltes an Bindegewebe nur unvollständig durchschnitten werden. Dies muss selbstverständlich je nach der Dicke der undurchtrennten Bindegewebsschicht grosse Unterschiede der einzelnen Zähigkeitswerte veranlassen. Ferner ändern sich bei dem langsamen Eindringen der Schneiden des Beissapparates die Dichtigkeitsverhältnisse

[1]) Es wär denkbar, dass zu diesen Zähigkeitsbestimmungen mit Umbindung zur Tabelle XI Lende in besonders frischem Zustande verwendet wurde, so dass hier doch eine wirkliche Verdickung vorlag. Nachträglich kann es nicht mehr entschieden werden.

der Gewebe, so dass dichtere Gewebsmassen durchschnitten werden als der natürlichen Dichtigkeit des Fleisches im gegebenen Falle entspricht. Hiezu kommt, dass sich die Muskelfasern an die Flächen der Schneiden beim allmählichen Eindringen derselben stärker anpressen und Reibungswiderstand hervorrufen. Dennoch brauchen wir diesen Nachteilen nicht allzu grosse Bedeutung beilegen, da sie für Lenden- und Hautmuskel ungefähr in gleicher Stärke auftreten, so dass die zusammengehörigen Verhältniszahlen annähernd unverändert bleiben Doch wird bei länger gekochtem Fleisch der Fehler geringer werden, als bei rohem und nur kurze Zeit gekochtem, da ersteres bereits seine Elastizität grösstenteils verloren hat, und daher ähnlich einer weichen homogenen Masse gleichmässiger und vollständiger durchschnitten wird. Ein weiterer Nachteil der üblichen Durchschneidungsmethode ist, dass das Eindringen der Schneiden trotz vorsichtigen Auflegens der Gewichte häufig ruckweise erfolgt, so dass die langsame Durchschneidung oft aus mehreren raschen stückweisen Durchschneidungen besteht. Diese Nachteile veranlassten mich, Versuche mit rascher Durchschneidung auszuführen und die Ergebnisse mit der bisher geübten langsamen Durchschneidungsmethode zu vergleichen.

Die rasche Durchschneidungsmethode und ihre Ergebnisse.

Die rasche Durchschneidung wurde dadurch erzielt, dass die ganze zur Durchtrennung der Fleischsäulchen erforderliche Gewichtslast zugleich in die Schale eingelegt wurde[1]). War hiebei die Durchschneidung nicht sofort erfolgt, so musste die neue Untersuchung an einer

[1]) Unbeabsichtigte rasche Durchschneidung wurde bereits von A. SCHAUWIENOLD ausgeführt, und in seinen »neuen Beiträgen zur Kenntnis der Muskelzähigkeit« Seite 8 genauer beschrieben.

anderen Stelle vorgenommen werden, da gewöhnlich die Schneiden teilweise die Muskelsäulchen durchschnitten hatten[1]). Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabelle XIII mit den Zähigkeitswerten einer langsamen Durchschneidung zusammengestellt. Die neuen Zähigkeitswerte betragen 30—50% von den früher gewonnenen Resultaten. Rechnen wir bei den in % angegebenen Mittelwerten[2]) nur mit einer Fehlerquelle von 5% und beachten, dass bei Verhältniszahlen die Fehlerquellen die doppelte Grösse erreichen können, so haben wir immerhin eine gute Uebereinstimmung der langsamen und raschen Durchschneidungsmethode. Ob die rasche Durchschneidung zu besser übereinstimmenden Einzelwerten führen würde, und wie weit die der langsamen Durchschneidung anhaftenden Fehlerquellen hier vermieden werden, wäre nur nach Vergleich mehrerer auf diese Art ausgeführten Untersuchungen zu entscheiden. Immerhin hat auch die rasche Durchschneidungsart ihre Nachteile, und die unvollständige Durchtrennung des Bindegewebes muss auch hier zu Schwankungen in der Höhe der Einzelwerte führen.

Schlussbemerkungen.

Ein Rückblick auf die Resultate der drei verschiedenen Untersuchungsmethoden, der Wassergehalts-, Dimensions- und Zähigkeitsbestimmungen beim Kochen von Fleisch, lässt uns erkennen, dass die Hauptver-

---

[1]) Dabei ist zu vermeiden die Gewichte in die Schale aus einiger Höhe einfallen zu lassen, da auf diese Weise zu niedrige Werte entstehen.

[2]) Die prozentualen Zähigkeitswerte des Lenden- und Hautmuskels sind folgende:

	1.) Bei langsamer Durchschneidung			2.) bei rascher Durchschneid.		
	roh	5 Min. gek.	30 Min. gek.	roh	5 Min. gek.	30 Min. gek.
Für Lende:	100	103	106	100	92	123
Für Hautmuskel:	100	69	54	100	59	65
Verhältniszahlen	1:2,42	1 : 1,62	1 : 1,14	1:2,18	1 : 1,39	1 : 1,09

änderungen beim Kochen kleiner Fleischstückchen innerhalb der ersten Viertelstunde auftreten, und dass durch längeres Kochen nur allmählich geringe Veränderungen erfolgen. Der grösste Unterschied zwischen bindegewebsreichen und bindegewebsarmen Muskeln ist bei den Ergebnissen der Zähigkeitsbestimmungen zu beobachten, doch genügt auch hier ein 5 Minuten langes Kochen um auffälligere Zähigkeitsunterschiede zu verwischen.

Zum Schlusse der Arbeit halte ich es für meine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann für die Anregung zu diesem interessanten Thema, sowie für die liebenswürdige Unterstützung bei dessen Ausarbeitung meinen innigsten Dank auszusprechen. Auch Herrn Professor Dr. M. von Frey gestatte ich mir für die gütige Erlaubnis zur Benützung der Bibliothek des physiologen Institutes, sowie für die freundliche Anweisung der einschlägigen Litteratur an dieser Stelle meinen besten Dank zu übermitteln.

Lebenslauf.

Ich, Ludwig Rumpf, z. Z. geprüfter Mediziner, wurde geboren am 1. Februar 1877 in Eichstätt in Bayern als Sohn des Uhrmachers Nepomuk Rumpf von Eichstätt. Daselbst besuchte ich die Schule und hierauf das Gymnasium. Letzteres absolvierte ich im Herbst 1898. Darauf widmete ich mich dem Studium der Medizin in Würzburg. Nach dem vierten Semester machte ich hier das Physikum. Während der klinischen Studien war ich fünf Monate als Coassistent in der Kgl. Universitäts-Poliklinik tätig, drei Monate arbeitete ich unter Leitung des Herrn Professors Dr. K. B. Lehmann an der vorliegenden Dissertation. Von der Militärbehörde wurde ich im Juni 1901 zur Ersatzreserve überwiesen. Die ärztliche Prüfung machte ich im Jahre 1903.